



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Technologie i algorytmy kwantowe w praktyce, PG_00069100						
Kierunek studiów	Fizyka Techniczna						
Data rozpoczęcia studiów	luty 2027 r.		Rok akademicki realizacji przedmiotu		2027/2028		
Poziom kształcenia	II stopnia		Grupa zajęć		Grupa zajęć specjalnościowych		
Forma studiów	stacjonarne		Sposób realizacji		na uczelni		
Rok studiów	2		Język wykładowy		polski		
Semestr studiów	3		Liczba punktów ECTS		2.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki		Forma zaliczenia		zaliczenie		
Jednostka prowadząca	Wydział Politechniki Gdańskiej -> Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej -> Instytut Fizyki i Informatyki Stosowanej						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot		dr inż. Marcin Nowakowski				
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu		dr inż. Marcin Nowakowski				
Formy zajęć	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	15.0	0.0	15.0	0.0	0.0	30
	W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0						
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów		Udział w konsultacjach		Praca własna studenta	RAZEM
	Liczba godzin pracy studenta	30		2.0		18.0	50
Cel przedmiotu	Celem przedmiotu jest zaznajomienie studentów z mechanizmami działania współczesnych technologii kwantowych oraz metodami projektowania i implementacji algorytmów kwantowych w praktyce. Studenci zdobędą usystematyzowaną wiedzę na temat teoretycznych fundamentów informatyki kwantowej, w tym superpozycji, splątania, interferencji oraz dekoherencji, a także nauczą się, jak te zjawiska są fizycznie realizowane i wykorzystywane do rozwiązywania problemów obliczeniowych trudnych dla klasycznych komputerów. Kluczowym elementem przedmiotu jest nabycie przez studentów praktycznych umiejętności programowania obwodów kwantowych i uruchamiania ich na dostępnych symulatorach (Qiskit) oraz rzeczywistych procesorach kwantowych (QPU) dostępnych w chmurze kwantowej m.in. IBM Quantum Platform wraz z poznaniem architektury komputerów kwantowych. Studenci będą wykorzystywać także zaawansowane metody uczenia maszynowego do badania efektywności algorytmów kwantowych.						
Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy		Efekt z przedmiotu		Sposób weryfikacji i oceny efektu		
	[K7_W01] posiada pogłębioną wiedzę w zakresie wiodących działów fizyki, w tym mechaniki kwantowej i elektroniki molekularnej.		Posiada wiedzę w zakresie algorytmów kwantowych oraz inżynierii kwantowej wykorzystywanej we współczesnych komputerach kwantowych.		[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej		
	[K7_W04] posiada pogłębioną znajomość metod matematycznych, numerycznych i symulacyjnych stosowanych przy opisie i modelowaniu zjawisk fizycznych.		Posiada wiedzę w zakresie obliczeń kwantowych i wykorzystania ich do modelowania zjawisk fizycznych.		[SW3] Ocena wiedzy zawartej w opracowaniu tekstowym i projektowym		
	[K7_U02] potrafi programować w wybranym języku na poziomie zaawansowanym oraz stosować pakiety oprogramowania specjalistycznego.		Posiada wiedzę w zakresie metodyki i technik programowania algorytmów kwantowych na środowisku kwantowym w języku Qiskit.		[SU1] Ocena realizacji zadania		

Treści przedmiotu	<p>Treści przedmiotu - wykład</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matematyczne i fizyczne podstawy obliczeń kwantowych (przestrzenie Hilberta oraz Hilberta-Schmidta, qubity, bramki jedno- i wieloqubitowe, pomiar i kanał kwantowy, szum kwantowy). • Kwantowa korekcja błędów (QEC - Quantum Error Correction): Zrozumienie teoretycznych modeli dekoherencji i kanałów szumu kwantowego • Obliczenia odporne na błędy (Fault-Tolerant Quantum Computing - FTQC): Poznanie i zrozumienie twierdzenia o progu błędu (threshold theorem). • Złożoność obliczeniowa i taksonomia urządzeń: Umieszczenie algorytmów kwantowych w teorii złożoności (klasy BQP, QMA). Zrozumienie fundamentalnych różnic i ścieżki przejścia między współczesnymi, zaszumionymi komputerami ery NISQ (<i>Noisy Intermediate-Scale Quantum</i>), a docelowymi, uniwersalnymi maszynami kwantowymi wyposażonymi w pełną korekcję błędów (LQC - <i>Large-scale Quantum Computers</i>). • Poznanie koncepcji przewagi kwantowej (quantum advantage/supremacy) oraz identyfikacja klas problemów, dla których algorytmy kwantowe oferują przyspieszenie (np. klasy BQP) • Zaznajomienie z hybrydowymi algorytmami kwantowo-klasycznymi (np. VQE - <i>Variational Quantum Eigensolver</i>, QAOA - <i>Quantum Approximate Optimization Algorithm</i>) i ich zastosowaniem w optymalizacji. • Zaawansowane kwantowo-klasyczne sieci neuronowe. • Poznanie różnych fizycznych architektur budowy komputerów kwantowych (qubity nadprzewodzące, pułapki jonowe, atomy Rydberga, fotonika) oraz ich specyficznych zalet i wad. 		
	<p>Treści przedmiotu - laboratoria</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opanowanie środowisk programistycznych i bibliotek do obliczeń kwantowych (np. Qiskit, Cirq, PennyLane). • Praktyczna implementacja flagowych algorytmów kwantowych (np. algorytm Grovera do przeszukiwania, algorytm Shora, transformata Fouriera QFT). • Przygotowanie środowiska w chmurze kwantowej IBM. • Implementacja kwantowych sieci neuronowych dla analizy wydajności algorytmów kwantowych. 		
Wymagania wstępne i dodatkowe	Algebra liniowa, Rachunek prawdopodobieństwa, Mechanika kwantowa, Metody sztucznej inteligencji. Znajomość programowania w językach obiektowych oraz Python.		
Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się	Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej
	Projekt Laboratoryjny	60.0%	100.0%
Zalecana lista lektur	Podstawowa lista lektur	E. R. Johnston et al., Komputer Kwantowy, Helion, 2020. M. Le Bellac, Wstęp do Informatyki Kwantowej, PWN, 2018	
	Uzupełniająca lista lektur	I. Goodfellow, Deep Learning, MIT, 2020	
	Adresy eZasobów		

Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	<p>Implementacja - Algorytmy z przyspieszeniem wykładniczym: Kwantowa Transformata Fouriera (QFT), Kwantowa Estymacja Fazy (QPE) oraz podstawy algorytmu Shora.</p> <p>Implementacja - Kwantowa Korekcja Błędów (QEC): Kod 3-kubitowy, kody stabilizatorowe (kod Steane'a, kod Shora), koncepcja kodów powierzchniowych (surface codes).</p> <p>Implementacja - Symulacja kwantowo-klasycznej sieci neuronowej GAN oceniającej efektywność n-qubitowych kodów CSS.</p> <p>Symulacja szumu w obwodach: Wprowadzanie sztucznego szumu do idealnych symulacji (korzystanie z modułów noise w Qiskit/PennyLane). Obserwacja wpływu błędów na wyniki algorytmów.</p> <p>VQE w chemii kwantowej: Obliczanie energii stanu podstawowego prostej cząsteczki (np. wodoru H₂) przy użyciu algorytmu VQE we współpracy z klasycznym optymalizatorem.</p>
Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu	Nie dotyczy

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.